

(続紙 1)

京都大学	博士 (工学)	氏名	千田 優
論文題目	実領域における漂流物の拡散評価を対象とした津波漂流物モデルの高度化および精度検証		
(論文内容の要旨)			
<p>巨大地震に伴う津波による船舶やコンテナなどの漂流物の被害予測は、我が国の港湾行政において重要な課題として位置づけられている。漂流物の被害予測では、港湾だけでなく、その背後地等を含めた広域における漂流物拡散の評価が必要である。このため、予測精度向上に加えて広域かつ大量の漂流物を取り扱えかつ計算負荷の低い漂流物モデルが必要である。しかしながら、これまでの漂流物モデルは、精度検証が不十分であり、また大量の漂流物を扱うための汎用性に課題がある。また、漂流物と流動モデルの相互作用等が漂流挙動に与える基本的な特性が把握されていないという問題がある。</p> <p>本研究では、まず始めに沿岸市街地模型を用いた浸水および漂流物実験を行い、複雑な地形上の漂流挙動の特性を把握している。ついで、実験結果を基に、広域の漂流物の評価で用いられる漂流物モデルの現地適用性を向上させる数値モデル開発を行っている。モデル開発では、従来の広域漂流物モデルでは余り考慮されていない、海底面や地表面と漂流物底面の局所的な接触による漂流挙動を評価可能としている。さらに、実験結果をもとに、2種類の流体・漂流物の相互作用を考慮した流体力評価モデルの性能評価を行っている。最後に、モリソン型の流体力評価式では抗力係数や慣性力係数の汎用的な推定が困難である一方、圧力勾配型の流体力評価式は汎用性が高いことを明らかにしている。</p> <p>本論文は7章で構成されている。各章の論文の要旨を以下に示す。</p> <p>第1章では本研究の背景と目的を示し、第2章ではこれまでの津波による船舶やコンテナなどの漂流物の被害予測についての研究について概説を行っている。</p> <p>第3章では、数値モデルの検証を行うための漂流物および流動データを作成と実験結果の解析を行っている。検証データ取得のため、和歌山県海南市の沿岸市街地を模擬した陸上模型を用い、津波の浸水実験及び漂流物実験を実施している。漂流物実験では、大きさの異なる2種類の漂流物の実験を行っている。沿岸市街地を用いた浸水実験により、複雑地形上の漂流物挙動の特性を把握するとともに、漂流物モデルの検証用のベンチマークデータセットを整備している。大型の漂流物模型を用いた実験では、漂流の時空間的な挙動や漂着位置のばらつきを解析している。その結果、初期の漂流物が海中ある場合では、海底面と漂流物底面の一部との接触、初期の漂流物が陸上にある場合では、漂流途中に存在する建物との接触が、漂流挙動の平均的な振る舞いに強く影響を及ぼすことを明らかにした。小型の漂流物模型を用いた漂流物実験では、6割程度の漂流物が最大波による浸水によって漂着し、最大波の浸水特性により漂流物の漂着位置が決定されることを明らかにしている。また、建物密集度が高い場合に、流体への阻害効果の影響により、漂流物の移動速度が小さくなる傾向にあることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、沿岸市街地模型を用いた実験で確認された構造物との多数回の衝突や</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	千田 優
<p>海底面との局所的な接触について、これまで申請者が開発してきた漂流物モデル STOC-DM の改良を実施し、理想実験を通してモデルの検証を行った。構造物・漂流物間の重複を解消するため、衝突によって得られる運動量の全補正量を用いて漂流物の位置と回転を補正する改良を行った。これより、既存のモデルで生じていた不自然な繰り返し衝突が解消され、構造物側面と漂流物側面が非めり込み状態を維持した上での接触が可能となった。また、海底面と漂流物底面の局所接触を考慮するための改良を行い、漂流物の回転運動に対する摩擦による減衰効果、局所的に浅い海域における接触に伴う漂流挙動の精度を向上させている。さらに、漂流物の並進運動が拘束される場合のモデル化を行い、水槽実験で確認された当該領域での並進運動の拘束と当該領域の重心位置を通る鉛直軸周りの回転運動を扱うことを可能とした。</p> <p>第 5 章では、圧力勾配の空間積分値を使用した流体力評価式を体積力型 IB 法をベースとして漂流物モデルに実装している。また、流体力の反力をフィードバックする相互作用モデルを実装した。漂流物を静止物体として扱った理想化数値実験により、陸上を浸水する津波流動場に対する相互作用の影響を比較し、反力をフィードバックする方法では、静止物体による阻害効果を過小評価すること、体積力型 IB 法では静止物体に対して非透過条件が適用されるために静止物体を陸上地形で反映した流動シミュレーションの結果とほとんど同じ位置に遡上先端があることを確認している。ついで、水中と陸上に設置した移動物体を対象に、漂流物の大きさや相互作用の有無による移動距離の変化を確認し、漂流物の大きさによる移動距離の依存性は小さいことを確認している。モリソン式を用いたこれまでの STOC-DM モデルと圧力勾配型の流体力評価式を適用したモデルでは、後者の方が移動距離は大きくなり、その比は 1.2~1.6 倍程度であることを確認している。最後に、相互作用なし計算であっても仮想的に物体周辺の水位変化を考慮するようなモデルを取り入れることにより、相互作用あり計算の移動距離の時系列変化に近い結果を相互作用なし計算で再現することができること得ている。</p> <p>第 6 章では、水槽実験を比較対象にモリソン式をベースとした流体力評価式と圧力勾配型の流体力評価式と改良した衝突モデルと局所接触モデルの精度検証を行っている。まず、引き波条件下で喫水深に対して浸水深が十分大きい陸上漂流物実験を対象に、流体力評価モデルの検証を行っている。モリソン式をベースとした流体力評価モデルでは、抗力係数や慣性力係数を変化させることで移動距離を実験結果に近付けることができるが、移動の時間変化を再現することはできない。ついで、陸上漂流物実験に対する検証を行い、これら係数を変えたとしても移動開始直後の時系列変化の再現が困難であることを示している。一方、圧力勾配型のモデルでは、時刻歴を含めた漂流物の移動を高い精度で再現できることを明らかにしている。また、実験との比較により、市街地奥の遡上速度の過大評価を除いて、浸水範囲の広がりや水位の時系列について実験開始から数分が経過した後の湾奥の大規模渦等、複雑地形上の流動場を再現できることを示している。さらに、漂流物実験を対象に、改良した構造物との衝突モデル、海底面と漂流物底面の局所接触モデルの精度検証を行っている。その結果、衝突モデルにおいては、多数構造物との同時接触時や水中から陸上への乗り上げ時に対して大きな精度向上を得ている。局所接触モデルは、局所接触に伴う移動方向の変化が、その後の湾内の漂流物分布や最終的な到達位置の精度向上に寄与することを明</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	千田 優
<p>らかにしている。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の研究の展望について論じている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、津波による漂流物移動特性についての研究をまとめたものである。沿岸市街地モデルを用いた漂流物実験を行い、複雑な地形上の漂流挙動の特性を把握している。ついで、実験結果を基に、広域の漂流物の拡散評価で用いられる漂流物モデルの現地適用性を向上させる数値モデル開発を行っている。海底面や地表面と漂流物底面の局所的な接触による漂流挙動を評価可能なモデルを開発した。水槽実験や理想化実験をもとに、モリソン型の流体力評価式では抗力係数や慣性力係数の適切な選択が前提であること、圧力勾配型の流体力評価式ではパラメータフリーで実験結果を精度よく再現できることを明らかにしている。

以下に本研究で得られた結果の要旨を示す。

第1章では、本研究の背景と目的を示し、第2章では、津波による船舶やコンテナなどの漂流物の被害予測について概説を行っている。

第3章では、実領域におけるモデル検証を行うための漂流物および流動データを作成した。検証データ取得のため、沿岸の市街地を模擬した陸上モデルを用いた津波の浸水実験及び漂流物実験を実施している。水槽実験により、複雑地形上の漂流物挙動の特性を把握するとともに、漂流物モデル検証用のベンチマークデータセットを整備している。

第4章では、沿岸市街地を用いた水槽実験で確認された多数構造物との衝突や海底面との局所的な接触を考慮することができるように、漂流物モデルの改良を実施し、理想実験を通してモデルの検証を行っている。

第5章では、圧力勾配の空間積分値を使用した流体力評価式をモデル化している。また、流体力の反力をフィードバックする相互作用モデルも開発している。

第6章では、モリソン式をベースとした流体力評価式と圧力勾配型の流体力評価式を検証している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の研究の展望について論じている。

以上のように、本論文は、複雑な地形上の津波漂流挙動を評価できる数値スキームの開発を行い、水槽実験結果と詳細に検証し、実用的な津波漂流物モデルを開発している。本論文で得られた成果は今後の実務での設計法の改善につながる重要な知見であり、学術上、実務技術上に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

令和5年11月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。